

УДК 004.94(045)

Дехтярук М.Т., канд. фіз.-мат. наук

МОДЕЛЮВАННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГІСТИЧНОГО КОМПЛЕКСУ

Національний транспортний університет

Розглянуто систему імітаційного моделювання GPSS World, з метою моделювання роботи транспортно-логістичного комплексу “екскаватори-автосамоскиди”. Визначено необхідну кількість автосамоскидів, потрібну для оптимальної роботи комплексу, який розглядається як елемент логістичної транспортної системи. Проведено розрахунок максимальних коефіцієнтів зайнятості каналів обслуговування (екскаваторів), та середнього часу обслуговування (завантаження) автосамоскидів

Постановка проблеми і аналіз останніх публікацій

Транспорт є однією з найважливіших галузей економіки України, від стабільної й ефективної роботи якого значною мірою залежить добробут населення, розвиток національної економіки та безпека держави. Транспорт належить до галузі виробництва матеріальних послуг. З урахуванням провідної ролі транспорту в ринковій економіці, управління транспортом виділяється в окремий блок, що одержав назву транспортна логістика [1, 2].

Транспортна логістика включає в себе ряд елементів, основними з яких є: вантаж; пункти зосередження вантажу; транспортна мережа; рухомий склад; навантажувально-розвантажувальні засоби; учасники логістичних процесів; тара та пакування.

Технологічні процеси, що протікають у всіх ланках транспортної логістичної системи, мають ряд особливостей, які залежать від роду вантажу, виду транспорту і його структури, галузевої характеристики, стану елементів логістичного процесу. Для реалізації мети, задач і функцій логістики на цьому рівні потрібно, щоб різні логістичні технології могли бути з'єднані об'єднуючими моментами в єдиний технологічний процес в якому необхідне дотримання єдиних логістичних принципів і єдиних вимог [3, 4].

Для аналізу й проектування логістичних транспортних систем застосовують методологічні принципи, основними з яких є [4, 5]:

– Системний підхід – всі елементи логістичної системи розглядаються як взаємопов'язані та взаємодіючі для досягнення єдиної цілі управління. Отже, застосування системного підходу передбачає оптимізацію функціонування не окремих елементів, а логістичної системи в цілому.

– Принцип глобальної оптимізації – оптимізація структури логістичної системи потребує узгодженості локальних цілей функціонування елементів (ланок) системи з метою досягнення глобального оптимуму.

– Принцип моделювання та інформаційно-комп'ютерної підтримки – використання різних моделей: математичних, економіко-математичних, графічних, фізичних, імітаційних та ін.

Прогрес інформаційних технологій та інформаційних систем дав змогу значно підвищити ефективність логістики, а інформаційно-комп'ютерна підтримка посіла належне місце серед ключових логістичних функцій.

Мета роботи

Метою даної роботи є застосування сучасних комп'ютерних інформаційних технологій – комп'ютерної системи імітаційного моделювання GPSS World – для моделювання та оптимізації роботи транспортно-логістичного комплексу (ТЛК) “екскаватори-автосамоскиди”. При цьому, ТЛК “екскаватори-автосамоскиди” розглядається, як елемент логістичної транспортної системи.

Виклад основного матеріалу дослідження

Імітаційне моделювання – це чисельний метод визначення параметрів функціонування різних систем по численних реалізаціях з урахуванням імовірнісного характеру протікання процесу. Основою імітаційного моделювання є метод статистичних випробувань. Цей метод найбільш ефективний при дослідженні складних систем, на функціонування яких впливають випадкові фактори [6, 7].

Імітаційна модель системи відображає поведінку й зміни її стану в часі при заданих потоках вимог, що надходять на входи системи. Параметри входних потоків вимог – зовнішні параметри системи. Вихідними параметрами є величини, що характеризують властивості системи і якість її функціонування. Імітаційне моделювання дозволяє проводити дослідження при різних типах входних потоків і різної інтенсивності надходження вимог у систему, а також різних дисциплінах обслуговування вимог.

У світі програмного забезпечення, серед систем імітаційного моделювання, призначених для професійного моделювання найрізноманітніших процесів і систем, особливе місце займає система *GPSS World (General Purpose Simulation System World* – всесвітня система імітаційного моделювання загального призначення) [8, 9]. Система *GPSS World* призначена для моделювання дискретних (в основному систем масового обслуговування) і безперервних систем.

Модель у системі *GPSS World* – це послідовність операторів моделювання. Оператор моделювання може бути або оператором *GPSS World*, або процедурою мови *PLUS*. Система моделювання *GPSS World* основана на переходах вимог (транзактів) від блоку до блоку (від оператора до оператора) у певні моменти часу, що називається подією.

Розглянемо роботу транспортно-логістичного комплексу “екскаватори-автосамоскиди”. Для виконання дорожньо-будівельних робіт постачання буді-

вельних матеріалів виконується ТЛК “екскаватори-автосамоскиди”. Середній час надходження автосамоскидів на обслуговування (завантаження) становить 10 хв. і підпорядковується експоненціальному закону розподілу ймовірностей. Для навантаження автосамоскидів будівельними матеріалами використовуються три екскаватори. Середній час завантаження одного автосамоскида становить 15 хв. і також описується експоненціальним законом розподілу. Після розвантаження автосамоскиди знову повертаються на завантаження, тобто ми маємо замкнуту виробничу систему.

Розглянемо ТЛК “екскаватори-автосамоскиди”, як багатоканальну замкнуту систему масового обслуговування (СМО) з необмеженим часом очікування [10, 11]. Така СМО характеризується наступними особливостями:

- потік вимог ординарний;
- потік вимог без післядії;
- потік вимог стаціонарний.

Необхідно змоделювати процес функціонування такої системи на протязі робочої зміни, яка дорівнює 8 год.=480 хв., тобто визначити необхідну кількість автосамоскидів, які потрібні для оптимальної роботи ТЛК, та визначити основні його характеристики:

- загальне число входів на обслуговування, тобто надходжень автосамоскидів на завантаження протягом зміни;
- максимальні коефіцієнти зайнятості кожного каналу обслуговування (екскаватора);
- середній час обслуговування (завантаження) автосамоскидів у кожному каналі обслуговування.

Імітаційний метод моделювання системи

Зобразимо графічно процес функціонування триканальної замкнутої системи масового обслуговування. На рис. 1 показані основні події, які виникають в процесі роботи СМО.

Охарактеризуємо кожну подію, що виникла в модельованій системі:

1. Надходження вимог в систему (*GENERATE*).
2. Вхід вимоги в накопичувач (*ENTER*).
3. Передача вимоги в один з вільних каналів обслуговування (*TRANSFER*).
4. Очікування звільнення одного з каналів обслуговування (*SEIZE*).
5. Вихід вимоги з накопичувача (*LEAVE*).
6. Час обслуговування вимоги в каналі обслуговування (*ADVANCE*).
7. Звільнення каналу обслуговування (*RELEASE*).
8. Повернення вимоги в систему (*TRANSFER*).

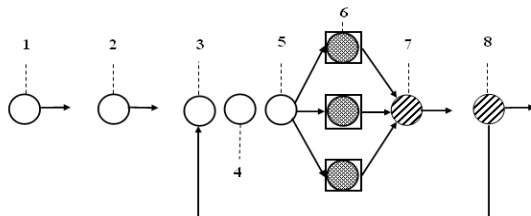


Рис. 1. Процес функціонування багатоканальної замкнутої СМО

Програму роботи СМО можна створити у вигляді трьох секторів.

В першому секторі вказується місткість СМО. Це можна виконати за допомогою оператора *STORAGE* (Накопичувач), який в нашому прикладі виглядатиме так:

NAK STORAGE 3

В другому секторі будемо моделювати потік вимог, які надходять в систему і його обслуговування. Оператор *GENERATE* використовуємо для формування числа машин, які обслуговує канал обслуговування. Цей режим використання оператора *GENERATE* припускає що поля *A*, *B*, *C* залишаються порожніми, тобто ставляться відповідно три коми, потім в полі операнда *D* вказується число машин, які повинні обслуговувати канали обслуговування:

GENERATE , , , 10

Далі машини поступають в канал обслуговування. При цьому потік надходження машин на обслуговування є най-

простіший з середнім інтервалом 10 хв. Це можна показати за допомогою оператора *ADVANCE*, який в нашій задачі буде записаний так:

MASH ADVANCE (Exponential(1,0,10))

Збір статистичної інформації для багатоканальної системи можна забезпечити за допомогою операторів *ENTER* і *LEAVE*. Оператор *ENTER* може бути записаний у такому вигляді:

ENTER NAK

В полі операнда *A* вказано ім'я накопичувача, місткість якого повинна бути наперед визначена. Оскільки СМО багатоканальна, то необхідно використовувати оператор *TRANSFER* для забезпечення можливості направлення вимог до незайнятого каналу:

TRANSFER ALL, KAN1, KAN3, 3

Спочатку вимога надходить до оператора, який має символічну мітку *KAN1*. Цим оператором є *SEIZE*, який записується так.

KAN1 SEIZE CAN1

Якщо канал обслуговування з символічною міткою *KAN1* зайнятий, то вимога направляється до наступного каналу, минаючи три оператори. 3 – це число, вказане в полі операнда *D* в операторі *TRANSFER*. Таким чином, наступним оператором буде:

SEIZE CAN2

Якщо і він буде зайнятий, та вимога знову минає три оператори і т. д., поки не знайдеться незайнятий канал обслуговування. У вільному каналі обслуговування вимога буде обслужена. Але заздалегідь вимога повинна запам'ятати канал, в який вона потрапила на обслуговування. Для цього використовується оператор *ASSIGN* (Присвоїти) – з його допомогою в параметрі вимоги під номером 1 запам'ятовується ім'я каналу, в який вимога поступила на обслуговування. В кожному каналі є свій оператор *ASSIGN*. Наприклад, для першого каналу це присвоєння виглядатиме так:

ASSIGN 1,CAN1

Далі, після визначення вільного каналу і запису його імені за допомогою оператора *TRANSFER* вимога поступає на обслуговування. Це виглядає так:

TRANSFER,COME

Проте перед початком обслуговування необхідно подати повідомлення про те, що вимога залишила накопичувач під ім'ям *NAK*, в якому вона знаходилася. Це виглядатиме так:

COME LEAVE NAK

Після виходу з накопичувача вимога поступає в канал на обслуговування. Ця дія виконується за допомогою оператора *ADVANCE*. Час обслуговування визначається так:

ADVANCE (Exponential(1,0,15))

Після обслуговування вимога виходить з каналу обслуговування, і повинен з'явитися сигнал про його звільнення. Це робиться за допомогою оператора *RELEASE* (Звільнити).

RELEASE P1

Параметр вимоги під номером *P1* містить ім'я каналу обслуговування, що звільняється. Далі вимога входить в оператор *TRANSFER* з безумовним переходом для повернення в систему. Він записується так:

TRANSFER,MASH

Таким чином, машини після обслуговування знову повертаються в систему для обслуговування. Повернення машин в систему виконується до тих пір, поки час моделювання не перевищить час моделювання системи. Визначення часу моделювання системи виконується в третьому секторі моделі. Він визначається за допомогою простої моделі вимірювання часу, що складається з трьох операторів:

GENERATE 480
TERMINATE 1
START 1

Цей сектор моделює час роботи системи протягом робочої зміни, яка становить 480 хв.

Перед початком моделювання потрібно встановити вивід тих параметрів,

які необхідно отримати в процесі моделювання. В нашому прикладі буде виведена інформація для наступних об'єктів:

– *Facilities* (Канали обслуговування);

– *Storages* (Накопичувачі).

Після створення імітаційної моделі її необхідно відтранслювати і запустити на виконання. Оскільки в моделі є управляюча команда *START*, то початкова імітаційна модель транслюватиметься, і якщо в ній немає помилок, то почнеться процес моделювання системи. Після виконання програми з'явиться вікно з інформацією про трансляцію і виконання – *JOURNAL* – і результати роботи програми у вікні *REPORT* (рис.2).

GPSS World Simulation Report - pwc_3_(10_15).19.1											
Sunday, November 16, 2008 20:40:29											
START TIME		END TIME		BLOCKS	FACILITIES	STORAGES					
0.000		480.000		18	3	1					
FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY		
CAN1	35	0.999	13.699	1	10	0	0	3	0		
CAN2	36	0.998	13.313	1	8	0	0	3	0		
CAN3	26	0.997	18.413	1	5	0	0	3	0		
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY	
NAK	3	0	0	3	100	1	2.869	0.956	0	3	

Рис. 2. Вікно *REPORT* з фрагментом результатів моделювання

У верхньому рядку вказується:

– *START TIME* (Початковий час) – 0.000;

– *END TIME* (Час закінчення) – 480.000;

– *BLOCKS* (Число блоків) – 18;

– *FACILITIES* (Число каналів обслуговування) – 3;

– *STORAGES* (Число накопичувачів) – 1.

Нижче вказуються результати моделювання для всіх трьох каналів обслуговування (*FACILITY*) відповідно під іменами *CAN1*, *CAN2*, *CAN3*:

– *ENTRIES* (Число входів) – 35, 36, 26;

– *UTIL.* (Коефіцієнт використання) – 0.999, 0.998, 0.997;

– *AVE. TIME* (Середній час обслуговування) – 13.699, 13.313, 18.413;

– *AVAIL.* (Доступність) – 1, 1, 1;

- *OWNER* – 10, 8, 5;
- *PEND* – 0, 0, 0;
- *INTER* – 0, 0, 0;
- *RETRY* (Повтор) – 3, 3, 3;
- *DELAY* (Відмова) – 0, 0, 0.

Ще нижче вказуються результати функціонування накопичувача (*STOAGE*) під ім'ям *NAK*:

- *CAP.* (*Capacity* – Місткість) – 3;
- *REM.* (*Remove* – Видалений) – 0;
- *MIN.* (Мінімальний вміст) – 0;
- *MAX.* (Максимальний вміст) – 3;
- *ENTRIES* (Число входів) – 100;
- *AVL.* (Доступність) – 1;
- *AVE.C.* (Середній вміст) – 2.869;
- *UTIL.* (Коефіцієнт використання) – 0.956.

Результати моделювання ТЛК “екскаватори-автосамоскиди” показані на рис. 3, на якому зображена залежність кількості завантажених автосамоскидів за зміну (*Entries*) від загальної їх кількості, які можуть бути використані в даній транспортно-логістичній системі.

З рис. 3 видно, що при заданих в роботі параметрах системи, максимальна кількість автосамоскидів, які можуть завантажити три екскаватори за зміну, не перевищує 100 навантажень. Для цього достатньо на вході системи 7 автосамоскидів і подальше збільшення їх кількості не приведе до підвищення ефективності роботи даної системи (крива виходить на насичення), тобто система завантажити більшу кількість автосамоскидів не може.

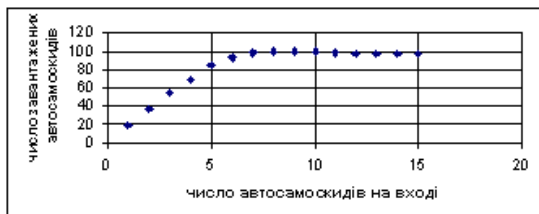


Рис. 3. Кількість завантажених автосамоскидів за зміну

Висновки

З результатів моделювання видно, що імітаційний метод моделювання дає можливість оптимізувати (визначити оптимальні параметри) роботи транспортно-

логістичного комплексу “екскаватори-автосамоскиди”, який розглядається як елемент логістичної транспортної системи.

Максимальні коефіцієнти зайнятості екскаваторів становлять 0.999, 0.998, 0.997 відповідно. Вся ця інформація досить повно ілюструє ефективність роботи системи імітаційного моделювання *GPSS World*.

Список літератури

1. Смирнов І.Г., Косарева Т.В. Транспортна логістика: Навч. посіб. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 224 с.
2. Никифоров В.В. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок. Пособие. – М.: ГроссМедиа: РОСБУХ, 2008. – 192 с.
3. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: Пер. с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
4. Логистика: управление в грузовых транспортно-логистических системах: Учеб. пособие / Под ред. Л.Б. Миротина. – М.: Юность, 2002. – 414 с.
5. Системна ефективність на транспорті. Методи, моделі і стратегії. / Під ред. Левковця П.Р. – К.: НТУ, ІЕБТ, 2002. – 216 с.
6. Томашевский В.Н. Моделирование систем. – К.: Видавнича група ВНУ, 2007. – 352 с.
7. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. – М.: Альтекс-А. 2004. – 384 с.
8. Томашевский В.Н., Жданова Е.Г. Имитационное моделирование в среде GPSS. – М.: Бестселлер, 2003. – 416 с.
9. Боев В.Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 368 с.
10. Гавриленко В.В., Цуканов І.М., Парохненко Л.М. Комп'ютерні технології в розв'язанні задач теорії масового обслуговування на транспорті. Навч. посіб. – К.: НТУ, 2006. – 219 с.
11. Чернов В.П., Ивановский В.Б. Теория массового обслуживания. – М.: ИНФРА, 2000. – 158 с.